

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-323205

(43)Date of publication of application : 16.12.1997

(51)Int.Cl.

B23B 27/14

B23P 15/28

C23C 14/06

(21)Application number : 08-166810

(71)Applicant : HITACHI TOOL ENG LTD

(22)Date of filing : 05.06.1996

(72)Inventor : SHIMA NOBUHIKO

## (54) MULTILAYER COATED HARD TOOL

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a cutting tool further improving oxidation resistance by reducing residual compressive stress, realizing the thickening of a film and adding a prescribed third component to TiAl, in a TiAl film.

SOLUTION: In a multilayer coated hard tool coated with at least two or more layers of a layer [A] composed of the nitride or the carbonitride of Ti and Al wherein the percentage content of Ti to Al is 75 atomic % or more and 98 atomic % or below and a layer [B] composed of the nitride or the carbonitride of Ti and Al wherein the percentage content of Ti to Al is 20 atomic % or more and 65 atomic % or below, the tool is composed by making the value of the  $I(200)/I(111)$  of the [A] layer 1 or below and making the value of the  $I(200)/I(111)$  of the [B] layer 1 or more.

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application]This invention relates to the coated hard tool which has the outstanding abrasion resistance.

[0002]

[Description of the Prior Art]The research which makes aluminum contain in recent years and raises abrasion resistance and oxidation resistance is made to conventionally common TiN or TiCN coating, and various examples which accept the addition effect of aluminum also exist so that it may be represented by JP,4-53642,B and JP,5-67705,B. An artificial lattice (superlattice) is formed and the example which has improved the characteristic of a coat is also accepted. The actual condition is that improvement is being made by these inventions to the coat in which conventionally common TiN and a TiCN coat contain aluminum.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]However, in the latest cutting, in order to acquire high efficiency, it is in the tendency for cutting speed to become still quicker, and soft steel before heat treatment was conventionally cut also in metallic mold processing in many cases, but the actual condition is that the example which processes the high hardness material after heat treatment directly is increasing. in such high speed cutting and cutting of a high hardness material, although addition of aluminum raises the oxidation resistance of a coat and abrasion resistance is made to improve rather than a TiN coat, it is now -- it is not enough satisfactory. The coat in which that reason was generally formed of ion plating has compressive residual stress, and the thickness of a coat follows this compressive residual stress on becoming thick, and increases it. In TiN, a TiCN coat and (TiAl) N, and CN (TiAl) coat, at most 5 micrometers of the thickness of the coat to which the adhesion deteriorates, therefore the coat can be equal to use under the present circumstances with the increase in compressive residual stress are a

limit. That abrasion resistance is inferior in the tool which was covered with ion plating for the reason compared with the covering tool which has the 10-15-micrometer thickness vapor-deposited by chemical vapor deposition (CVD) was a fact which cannot deny. By formation of an artificial lattice, it is a fact that the hardness of a coat improves, and a limit has compressive residual stress with Young's modulus high [ such a hard coat ] and a coat very high although wear-resistant improvement is accepted, and forms at most 3-5 micrometers. Since it has high compressive residual stress, such an artificial lattice coat has a big technical problem in adhesion.

[0004]

[Means for Solving the Problem] While this invention persons reduce residual compressive stress, realize thick film-ization in an ion plating coat and make abrasion resistance improve as a result, By carrying out layer coating of two sorts of coats from which a stacking tendency differs, as a result of doing research which makes oxidation resistance improve, Residual compressive stress came to acquire knowledge that oxidation resistance improves further, by being able to realize thick film-ization and adding predetermined  $3 \times 10^{-3}$  to TiAl, without increasing.

[0005]

[Function] Generally in ion plating, the coat which a coat has a priority growth direction in crystal growth, and, as a result, has a pillar-shaped crystal structure is formed. If one pillar-shaped crystal grain child is taken out, crystal growth strong against a fixed direction is a single crystal accepted, and there are very few internal defects. That such a crystal forms membranes continuously is the cause which residual compressive stress increases with the increase in the thickness of a coat. By carrying out layer coating of two sorts of coats of a priority growth direction different, respectively, it came to develop the art which introduces many lattice defects into the interface of a coat and a coat. That is, in carrying out layer coating of the nitride of Ti and aluminum which carry out orientation to a field (111), the nitride of Ti and aluminum which carry out orientation in carbon nitride and a field (200), and the carbon nitride, it becomes discontinuous [ an interface ], epitaxial growth is controlled, and many lattice defects are introduced. The rearrangement of the lattice defect of these many is carried out during growth so that the residual compressive stress of a coat may be eased, and it controls the remaining stress of a result and a coat, and enables thick film-ization. For example, remaining stress is 1.2GPa when 0.5 micrometer of nitrides of Ti and aluminum which carry out orientation to (200) are formed.

If 10 micrometers of this coat is formed, residual compressive stress will exceed 8GPa and adhesion will deteriorate remarkably.

When 0.5 micrometer of nitrides of Ti and aluminum in which the presentations which carry out orientation of the nitride of Ti and aluminum which carries out orientation on the other hand

(200) to 0.5 micrometer and (111) differ are formed and a 10-micrometer coat is formed in the layer coating of this repetition, that residual compressive stress is 2GPa at most at a surprising thing. Therefore, thick-film-izing of the nitride of the compound of Ti and aluminum and carbon nitride is easily possible, and it is possible according to this invention, to give very high abrasion resistance, without as a result degrading the adhesion of a coat in a covering tool.

[0006] It was accepted that the crack generated on the coat surface during cutting is in the tendency for the propagation to be controlled, in the interface of the coat from which the crystal growth direction differs. That is, many lattice defects of an interface ease the stress concentration generated at the tip of a crack, and high resistance is shown to propagation of a crack. Simultaneously, a crack controls sharply the deficit of the edge of a blade which spreads over an interface and originates in the propagation to a base, and it, when progressing further. Therefore, since the layer coating hard tool which this invention twists has high abrasion resistance by thick film-ization and a crack cannot spread it easily, it has high toughness simultaneously. Therefore, when a coat is thick and it is [ not only ] comparatively thin, it cannot be overemphasized that a tool life is raised. As a result of adding research to the oxidation-resistant improvement in the nitride of Ti and aluminum, and carbon nitride itself, it found out that oxidation resistance was improved remarkably by adding ingredients, such as Zr, Hf, and Y. Since residual compressive stress is very small like the above-mentioned, the layer film by this invention shows very high adhesion also to high-speed steel and a cermet alloy. Generally compression stress generates the coat of ion plating during coating. Since high-speed steel and a cermet alloy have the coefficient of thermal expansion larger than a coat, in the cooling process after coating, compression stress is further added to a coat. As a result, when it takes out to a room temperature, it has compression stress very higher than the case of a cemented carbide base body, and a result and adhesion get remarkably bad. this invention layer film also solves such a problem.

[0007] Next, it is able for coat hardness to improve remarkably and to realize further wear-resistant improvement by making a coat contain carbon. In this case, since the residual compressive stress of the coat which contains carbon generally is remarkable and high when carbon content is changed discontinuously, that interface strength deteriorates remarkably. Therefore, in making carbon supply sources, such as  $C_2H_2$  or  $CH_4$ , increase gradually continuously, and making a coat contain carbon, in order to make carbon contain, The lubricative improvement in a coat and the wear-resistant improvement by the improvement in hardness are possible, without producing a problem in adhesion.

[0008] The coat found out during cutting the phenomenon in which wear advanced, by the repetition in which it oxidizes and the formed PORASU oxide film is worn out. It is most effective to make the most stable aluminum<sub>2</sub>O<sub>3</sub> coat intervene to oxidation as a means to control oxidation of this coat further. Therefore, after forming a coat by ion plating, it succeeded

in forming the extremely excellent aluminum<sub>2</sub>O<sub>3</sub> coat of adhesion by forming aluminum<sub>2</sub>O<sub>3</sub> by plasma CVD or MOCVD. The wear by oxidation of a coat is sharply controlled by formation of aluminum<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Especially the coat especially by this invention has an effective base in the use like the insertion of cemented carbide or a cermet alloy, and a high-speed steel end mill for which the feed per revolution per one edge is comparatively high, and abrasion resistance and toughness (crack-proof communicability) are needed for a coat.

[0009] Hereafter, the reason which limited the numerical value is explained. The content of Ti of a layer [A] the reason which the content of Ti of a layer [B] carried out [ more than 75 atom % / below 98 atom % / more than 20 atom % ] to aluminum below in 65 atom % to aluminum, In the presentation in which the content of two-layer Ti and aluminum is comparatively near, Since it was easy to grow epitaxially by two interphases and many defects were not able to be introduced into an interface when the below-mentioned plane direction is reversed, in the layer [A], the content of Ti used more than 75 atom % to aluminum, and below 65 atom % carried out in the layer [B]. That below 98 atom % carried out content of Ti to aluminum in the layer [A], In order not to demonstrate the characteristic which TiAl originally has as it is more than 98 atom %, having made content of Ti more than 20 atom % to aluminum in the layer [B], In order to become it close to the characteristic of AlN that it is below 20 atom % and to show wear-resistant degradation, in the layer [A], below 98 atom % used more than 20 atom % in the layer [B].

[0010] The reason for having made the nitride of Ti and aluminum, and the value of  $I(200)/I(111)$  of carbon nitride layer [B] or more into one, In order to have compression stress higher as this coat carries out orientation to a field (111) strongly, since it was [ the residual compressive stress of this coat itself ] lower to carry out orientation to a field (200), one or more was used undesirably that orientation should be carried out to a field (200). In more than 75 atom %, a Ti content the nitride of below 98 atom % \*\*, and carbon nitride layer [A] to aluminum as mentioned above, (200) In the nitride of Ti and aluminum which carried out orientation to the field, and layer coating with carbon nitride layer [B], in order to introduce a lattice defect into an interface, the field had to be made to carry out orientation contrary to the nitride of said Ti and aluminum, and carbon nitride layer [B] (111), and the value of  $I(200)/I(111)$  was made or less into one. To Zr of a third component, Hf, Y, etc., when it is below 0.1 atom % in the amount of substitution, oxidation-resistant improvement is received, If an effect is not accepted at all and 50 atom % is exceeded, in order to degrade the abrasion resistance which the nitride of Ti and aluminum and carbon nitride originally have, below 50 atom % carried out [ more than 0.1 atom % ]. Based on an example, this invention is explained below.

[0011]

[Example]

To the commercial high-speed steel roughing end mill of the cemented carbide insertion of

example 1 JIS P40 grade, and phi 12 or 4-sheet edge, by the arc ion plating method. The coat shown in Table 1 was formed using ( $Ti_{0.95}aluminum_{0.05}$ ), a target ( $Ti_{0.85}aluminum_{0.15}$ ) and ( $Ti_{0.5}aluminum_{0.5}$ ), and a target ( $Ti_{0.3}aluminum_{0.7}$ ).

[0012]

[Table 1]

試料	層膜厚 ( $\mu\text{m}$ )	層数	{A}層 TiAlN		{B}層 TiAlN		工具寿命 (m)		
			I(200) /I(111)	組成 (Ti/Al)	I(200) /I(111)	組成 (Ti/Al)	超硬インサート	HSS・EM	
本 発 明 例	1	8	16	0.5	85/15	2.5	50/50	9.2	60.1
	2	8	16	0.5	85/15	3.2	50/50	10.1	65.2
	3	8	16	0.1	95/5	1.8	50/50	11.2	68.2
	4	8	16	0.1	95/5	7.5	30/70	15.1	48.5
	5	13	26	0.5	85/15	8.2	50/50	27.2	85.1
	6	5	10	0.5	85/16	7.5	50/50	6.3	45.2
	7	3	8	0.5	85/15	6.3	50/50	3.2	35.1
	8	10	20	0.1	85/15	11.3	30/70	10.5	68.2
	9	10	20	0.1	95/15	15.3	30/70	15.2	58.2
	10	10	40	0.1	95/15	15.3	30/70	18.2	62.1
比 較 例	11	3	1(TiN)	0.5	100/0	-	-	0.8	8.3
	12	10	1(TiN)	0.5	100/0	-	-	0.5 剥離	1.5 チッピング
	13	3	1(TiAlN)	-	-	10.2	50/50	1.5	21.2
	14	10	1(TiAlN)	-	-	10.2	50/50	0.5 剥離	10.2 チッピング

[0013]TiN and a TiAlN coat were formed by the arc ion plating method same as a comparison tool. In the cemented carbide insertion, fraise cutting was performed based on the cutting condition 1, it asked with cutting length until a flank wear value amounts to 0.3 mm, and it was made into the life. In the high-speed steel end mill, it cut based on the cutting condition 2, and asked for the length of cut until a flank wear value amounts to 0.2 mm, and it was made into the life. The result is also written together to Table 1. Cutting condition-1 is work material DAC (temper material HRC=40) and cutting speed. 100 m/min, feed-per-revolution 0.1 mm /, and edge, slitting 2 mm and an insertion were taken as SEE42-TN shape. Cutting condition-2 are work material DAC (green wood HRC=10), cutting speed 50 m/min, and a feed per revolution. 0.07mm / edge, the amount of shaft-orientations slitting of 18 mm, the amount of diameter direction slitting it carried out by 6 mm, cutting oil nothing, and Down Cut.

[0014]Also in thick-film-izing of not less than 10 micrometers, neither exfoliation of a coat nor chipping of the edge of a blade is accepted, but stable prolonged cutting is possible for the multilayer covering tool by this invention so that clearly from Table 1.

[0015]After forming the invention alloy shown in Table 2 using the superhard insertion used in example 2 Example 1 using the arc ion plating method like Example 1, 600 \*\*, 1hr, and alpha-aluminum  $_2O_3$  was formed as the outermost layer on it by MO-CVD. According to the cutting condition 1, the result of having evaluated the life is written together to Table 2. In Example 2,

the presentation of the [A] layer set the presentation of Ti/aluminum=85/15, and a [B] layer to Ti/aluminum=50/50.

[0016]

[Table 2]

試料	総膜厚 ( $\mu\text{m}$ )	層数	[A]TiAlN I(200) /I(111)	[B]TiAlN I(200) /I(111)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 膜厚 ( $\mu\text{m}$ )	寿命 (m)	
本例	15	10	20	0.6	10.1	0.5	22.4
発	16	13	32	0.5	5.0	0.5	42.1
明	17	5	20	0.2	16.2	0.5	19.5
比例	18	10	1(TiAlN)	-	11.5	-	1.2割離発生
較	19	5	1(TiAlN)	-	8.8	-	1.2

[0017]When this invention tool forms an aluminum<sub>2</sub>O<sub>3</sub> coat so that clearly from Table 2, reinforcement is attained further.

[0018]In the example of this invention of the sample number 1 made as an experiment in example 3 Example 1, carbon content was made to increase [ be / it / under / coat / continuation ], and the tool which made carbon contain was manufactured. The contents are shown in Table 3.

[0019]

[Table 3]

試料	層膜厚 ( $\mu\text{m}$ )	層数	a	b	[A]TiAlN	[B]TiAlN	最終膜 C/N	工具寿命 (m)		
					I(200) /I(111)	I(200) /I(111)		超硬インサート	HSS・EM	
本	1	8	16	-	-	0.6	2.3	-	9.2	60.1
発	20	8	16	0.5	5.8	0.7	2.8	1/1	15.2	66.6
	21	8	16	0.5	7.0	0.7	2.8	1/1	23.2	73.2
例	22	8	16	3.2	7.0	0.7	2.8	1/2	17.2	65.7
比	23	8	1(TiN)	-	-	-	1.8	-	0.2 剥離	1.2 チッピング
較	24	5	1(TiN)	-	-	-	6.1	-	1.7	22.2

[0020]Among Table 3, the thickness of the coat at the time of alpha beginning to add C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> and b increase the amount of C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> gradually, and show the thickness of the coat at the time of supposing that it is fixed after that. That is, between a-b is a layer which carbon content increases continuously. In this case, the thickness of each class of the nitride of Ti, the carbon nitride Ti and aluminum and the nitride of a third component, or carbon nitride was 0.5 micrometer, respectively. The ratio of Ti/aluminum of a layer [A] made the ratio of Ti/aluminum of 95/5 and a layer [B] 50/50. On the cutting conditions 1 and 2 shown in Example 1, the cutting test was done to the superhard insertion and high-speed steel end mill, and the life was searched for. The result is also written together to Table 3. Further wear-resistant improvement is checked by this invention alloy by content bundle \*\*\*\*\* in carbon so that clearly from Table

3.

[0021]The target of the third component was installed for one of the highest rung using the arc ion plating system which has a target of 46 examples (three steps x two rows), and the invention of the presentation which carries out three of a Ti target and an opposite sequence with a TiAl target, and shows two under it in Table 4 was manufactured.

[0022]

[Table 4]

試料	(B)膜組成	(A)膜組成	総膜厚 ( $\mu\text{m}$ )	層数	[A]TiAlN	[B]TiAlN	酸化 膜厚 ( $\mu\text{m}$ )	寿命 (m)
					(C200) / (C111)	(C200) / (C111)		
本 発 明 例	1 (Ti <sub>0.4</sub> Al <sub>0.6</sub> )N	Ti <sub>0.4</sub> Al <sub>0.6</sub> N	8	16	0.5	1.5	1.2	6.3
	25 (Ti <sub>0.4</sub> Al <sub>0.6</sub> Cr <sub>0.02</sub> )N	"	8	16	0.5	1.5	0.2	7.2
	26 (Ti <sub>0.4</sub> Al <sub>0.6</sub> Hf <sub>0.02</sub> )N	"	8	16	0.5	1.5	0.4	8.5
	27 (Ti <sub>0.4</sub> Al <sub>0.6</sub> Co <sub>0.02</sub> )N	"	8	16	0.5	1.5	0.3	7.3
	28 (Ti <sub>0.4</sub> Al <sub>0.6</sub> W <sub>0.02</sub> )N	"	8	16	0.5	1.5	0.2	8.9
	29 (Ti <sub>0.4</sub> Al <sub>0.6</sub> Y <sub>0.02</sub> )N	"	8	16	0.5	1.5	0.1	15.2
	30 (Ti <sub>0.4</sub> Al <sub>0.6</sub> Si <sub>0.02</sub> )N	Ti <sub>0.4</sub> Al <sub>0.6</sub> N	8	16	0.6	1.7	0.1	17.5
	31 (Ti <sub>0.4</sub> Al <sub>0.6</sub> Co <sub>0.02</sub> )N	"	8	16	0.5	1.5	0.1	12.3
	32 (Ti <sub>0.4</sub> Al <sub>0.6</sub> Nb <sub>0.02</sub> )N	"	8	16	0.5	1.5	0.1	11.5
	33 (Ti <sub>0.4</sub> Al <sub>0.6</sub> Zr <sub>0.02</sub> )N	"	8	16	0.2	3.5	0.1	6.2
	34 (Ti <sub>0.4</sub> Al <sub>0.6</sub> Y <sub>0.02</sub> )N	"	8	16	0.2	4.2	0.05	6.0
	35 (Ti <sub>0.4</sub> Al <sub>0.6</sub> Y <sub>0.02</sub> )N	"	8	16	0.5	1.5	0.15	10.0
比 較 例	36 TiN	-	8	1	0.5	-	7.5	0.6
	37 (Ti <sub>0.4</sub> Al <sub>0.6</sub> )N	-	8	1	-	1.5	1.8	0.5 剥離
	38 (Ti <sub>0.4</sub> Al <sub>0.6</sub> )N	-	8	1	-	2.0	1.5	1.7

[0023]The third component ratio was controlled by adjusting the arc current value simultaneously passed at a third component target, although it changed with the distance from a third component target. It was made to oxidize by having carried out 1hr maintenance of these examples of this invention and comparative examples at 750 °C among the atmosphere, and oxide film thicknesses were controlled. The result is written together to Table 4. The result of having carried out lifetime evaluation in the insertion is also written together according to the cutting condition 1.

[0024]From Table 4, oxidation-resistant remarkable improvement was accepted by the effect of the added third component, and improvement in the life which originates in oxidation-resistant improvement simultaneously was checked.

[0025]example 525TiC-30TiN-20WC-5TaC-5Mo<sub>2</sub>C-8Co-7nickel (% of the weight) -- the cermet alloy of the presentation was manufactured by the contents shown in Table 5, and it coated like Example 1.

[0026]

[Table 5]



試料	層厚 ( $\mu\text{m}$ )	層数	[A]TiAlN	[B]TiAlN	工具寿命 (m) サーゲッ ト インサート	
			I(200) /I(111)	I(200) /I(111)		
本 発 明 例	36	8	16	0.5	2.6	19.2
	37	8	16	0.5	3.5	23.2
	38	8	16	0.1	2.0	31.5
	39	8	16	0.1	3.2	40.3
	40	13	26	0.5	9.0	53.2
比 較 例	39	3	I(TiN)	0.5	-	3.2
	40	10	I(TiN)	0.5	-	0.1 剥離
	41	3	I(TiAl)N	-	10.2	10.8
	42	10	I(TiAl)N	-	10.2	0.1 剥離

[0027]The composition ratio of TiAlN of a layer [A] made it of Ti/aluminum=85/15, and a layer [B] 50/50. In the insertion, the cutting condition 3 performed cutting evaluation, and it was considered as the life in quest of the length of cut until the amount of flank wear amounts to 0.15 mm. The result is written together to Table 5. A cutting condition uses the shape of 3 and an insertion (SEE42-TN), and are work material SKD61 (green wood HRC12), cutting speed 250 m/min, and a feed per revolution. 0.1mm / edge, the amount of slitting It is 2 mm. The size of a work material is the same as that of Example 1. In the example of this invention, there is no exfoliation of a coat during cutting and long lasting achievement is possible as shown in Table 5.

[0028]

[Effect of the Invention]While easing the residual compressive stress accompanying the increase in the thickness of a coat by applying this invention like the above, thick film-ization was completed, and since it was further hard to spread a crack, without degrading membranous adhesion, the tunic which has high toughness simultaneously was obtained. Coat hardness, lubricity, and oxidation resistance can be notably raised by combining carbon with the 3rd element, an oxide tunic, and a coat for content etc.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

## [Claim(s)]

[Claim 1] A layer [A] which content of Ti becomes from a nitride of Ti and aluminum which are below 98 atom % as for more than 75 atom %, or carbon nitride to aluminum, in a layer coating hard tool which covered at least a layer [B] which content of Ti becomes from a nitride or carbon nitride of Ti and aluminum which is below 65 atom % as for more than 20 atom % to aluminum more than two-layer, A layer coating hard tool when the intensity  $I(111)$  of a field in an X diffraction (111) and intensity of a field (200) are set to  $I(200)$ , wherein a value of  $I(200)/I(111)$  of the [A] layer is one or less and a value of  $I(200)/I(111)$  of the [B] layer is one or more.

[Claim 2] A layer coating hard tool having a layer which content of carbon increases from a base surface continuously toward the direction of the tunic surface in the layer coating hard tool according to claim 1.

[Claim 3] A layer coating hard tool transposing a part of Ti to the range of 0.1 to 50 atomic ratios in a layer coating hard tool given in claims 1 and 2 by one sort of Zr, Hf, Cr, W, Y, Si, Ce, and Nd, or two sorts or more.

[Claim 4] A layer coating hard tool having at least one layer of oxide layers of aluminum in a layer coating hard tool given in three from claim 1.

[Claim 5] A layer coating hard tool which has that a base is a cemented carbide insertion in a layer coating hard tool given in four from claim 1.

[Claim 6] A layer coating hard tool characterized by a base being a high-speed steel end mill in a layer coating hard tool given in four from claim 1.

[Claim 7] A layer coating hard tool characterized by a base being a cermet insertion in a layer coating hard tool given in four from claim 1.

---

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-323205

(43) 公開日 平成9年(1997)12月16日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 3 B 27/14			B 2 3 B 27/14	A
B 2 3 P 15/28			B 2 3 P 15/28	A
C 2 3 C 14/06			C 2 3 C 14/06	P

審査請求 有 請求項の数 7 F D (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平9-166810

(22) 出願日 平成8年(1996)6月5日

(71) 出願人 000233066

日立ツール株式会社  
東京都江東区東陽4丁目1番13号

(72) 発明者 島 順彦

千葉県成田市新泉13番地の2 日立ツール  
株式会社成田工場内

(54) 【発明の名称】 多層被覆硬質工具

## (57) 【要約】

【目的】 T i A l 系皮膜において、残留圧縮応力を低減し、厚膜化を実現し、また、T i A l に対し所定の第3成分にを添加することにより、更に耐酸化性を向上させた切削工具を提供する。

【構成】 A l に対しT i の含有率が7.5原子%以上9.8原子%以下であるT i とA l の窒化物、もしくは炭窒化物からなる層〔A〕と、A l に対しT i の含有率が2.0原子%以上6.5原子%以下であるT i とA l の窒化物、もしくは炭窒化物からなる層〔B〕、少なくとも2層以上被覆した多層被覆硬質工具において、〔A〕層のI (200)/I (111) の値が1以下であり、〔B〕層のI (200)/I (111) の値が1以上とすることにより構成する。

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 A1に対しTiの含有率が75原子%以上98原子%以下であるTiとA1の窒化物、もしくは炭窒化物からなる層[A]と、A1に対しTiの含有率が20原子%以上65原子%以下であるTiとA1の窒化物もしくは炭窒化物からなる層[B]を、少なくとも2層以上被覆した多層被覆硬質工具において、X線回折における(111)面の強度I(111)、(200)面の強度をI(200)としたとき、[A]層のI(200)/I(111)の値が1以下であり、[B]層のI(200)/I(111)の値が1以上であることを特徴とする多層被覆硬質工具。

【請求項2】 請求項1記載の多層被覆硬質工具において、カーボンの含有量が基体表面から被覆表面の方向に向かい連続して増加する層を有することを特徴とする多層被覆硬質工具。

【請求項3】 請求項1及び2記載の多層被覆硬質工具において、Tiの一部をZr、Hf、Cr、W、Y、Si、Ce、Ndの1種、または2種以上で0.1原子パーセントから50原子パーセントの範囲に置き換えたことを特徴とする多層被覆硬質工具。

【請求項4】 請求項1から3記載の多層被覆硬質工具において、A1の酸化物質を少なくとも1層有することを特徴とする多層被覆硬質工具。

【請求項5】 請求項1から4記載の多層被覆硬質工具において、基体が超硬合金インサートであることを有する多層被覆硬質工具。

【請求項6】 請求項1から4記載の多層被覆硬質工具において、基体が高速度鋼エンドミルであることを特徴とする多層被覆硬質工具。

【請求項7】 請求項1から4記載の多層被覆硬質工具において、基体がサーメットインサートであることを特徴とする多層被覆硬質工具。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、優れた耐摩耗性を有する被覆硬質工具に関する。

【0002】

【従来の技術】従来一般的であったTiNやTiCNコーティングに対し、近年A1を含有させ、耐摩耗性、耐酸化性を向上させる研究がなされ、特公平4-53642号、特公平5-67705号に代表されるように、A1の添加効果を認める事例も種々存在する。また、人工格子（超格子）を形成し、皮膜の特性を改善した事例も認められる。これらの発明により、従来一般的であったTiNやTiCN皮膜がA1を含有する皮膜へと改良がなされつつあるのが現状である。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、最近の切削加工においては、高効率を得るため切削速度が更に

2

速くなる傾向にあり、また、金型加工においても、従来は熱処理前の軟らかい鋼を切削していた場合が多いが、熱処理後の高硬度材を直接加工する事例が増えつつあるのが現状である。このような高速切削、並びに高硬度材料の切削においては、A1の添加は皮膜の耐酸化性を向上させ、TiN皮膜よりは耐摩耗性を向上せしめるものの、今だ十分に満足のいくものではない。その理由は、一般的にイオンプレーティングにより形成された皮膜は、圧縮残留応力を有し、この圧縮残留応力は、皮膜の膜厚が厚くなるに伴い増加する。皮膜は圧縮残留応力の増加に伴い、その密着性は劣化し、従って現状では使用に耐え得る皮膜の厚さは、TiN、TiCN皮膜、及び(TiAl)N、(TiAl)CN皮膜において、せいぜい5μmが限界である。その為イオンプレーティングにより被覆された工具は、化学蒸着法(CVD)により蒸着された10〜15μmの膜厚を有する被覆工具に比べ、耐摩耗性が劣ることとは否定できない事実であった。また、人工格子の形成により、皮膜の硬さが向上することは事実であり、耐摩耗性の向上は認められるものの、このような硬い皮膜はヤング率が高く、皮膜が非常に高い圧縮残留応力を有し、せいぜい3〜5μmを形成するのが限界である。このような人工格子皮膜は、高い圧縮残留応力を有するために密着性に大きな課題を有するものである。

【0004】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、イオンプレーティング皮膜において、残留圧縮応力を低減し、厚膜化を実現し、その結果耐摩耗性を向上せしめるとともに、更に耐酸化性を向上せしめる研究を行った結果、配向性の異なる2種の皮膜を多層被覆することにより、残留圧縮応力は増加することなく、厚膜化が実現でき、また、TiAlに対し所定の第3成分に添加することにより、更に耐酸化性が向上するという知見を得るに至った。

【0005】

【作用】一般にイオンプレーティングにおいては、皮膜は結晶成長において優先成長方向を有し、その結果、柱状の結晶構造を持つ皮膜が形成される。1つの柱状の結晶粒子を取り出してみれば、一定方向に強い結晶成長が認められる単結晶であり、内部欠陥は極めて少ない。このような結晶が連続して成膜することが、皮膜の厚さの増加に伴い残留圧縮応力が増加する原因である。優先成長方向のそれぞれ異なる2種の皮膜を多層被覆することにより、皮膜と皮膜の界面に多くの格子欠陥を導入する技術を開発するに至った。つまり、(111)面に配向するTiとA1の窒化物、炭窒化物と(200)面に配向するTiとA1の窒化物、炭窒化物を多層被覆することにおいて界面は不連続となり、エピタキシャル成長が抑制され、多くの格子欠陥が導入される。この多くの格子欠陥は、皮膜の残留圧縮応力を緩和するように成長中

3

に再配列し、結果、皮膚の残留応力を抑制し、厚膜化を可能にするものである。例えば、(200)に配向するTiとAlの窒化物を0.5μm形成すると残留応力は1.2GPaであり、この皮膚を10μm形成すると残留圧縮力は、8GPaを越え著しく密着性が劣化する。一方(200)に配向するTiとAlの窒化物を0.5μm、(111)に配向する組成の異なるTiとAlの窒化物を0.5μm形成し、この繰り延しの多層被覆において10μmの皮膚を形成した場合は、繋ぐべき事にその残留圧縮力は、せいぜい2GPaである。従って、本発明によれば容易にTiとAlの化合物の窒化物、炭窒化物の厚膜化が可能であり、その結果被覆工具に皮膚の密着性を劣化させることなく、非常に高い耐摩耗性を付与することが可能である。

【0006】更に、切削中に皮膚表面に発生したクラックは、結晶成長方向の異なる皮膚の界面において、その伝播が抑制される傾向にあることが認められた。つまり、クラック先端に発生する刃先集中を界面の多数の格子欠陥が緩和し、クラックの伝播に対し高い抵抗を示す。同時にクラックは、更に進展する場合、界面に沿って伝播し基体への伝播、それに起因する刃先の欠損を大に抑制するものである。従って、本発明による多層被覆硬質工具は、厚膜化により高い耐摩耗性を有すると共に、クラックが伝播し難いため、同時に高い靱性を有するものである。よって、皮膚が厚みのみならず、比較的薄い場合においても工具寿命を向上させることは言うまでもない。また、TiとAlの窒化物、炭窒化物そのものの耐酸化性の向上に対し研究を加えた結果、Zr、Hf、Yといった成分を添加することにより、耐酸化性が著しく改善されることを見出した。また、本発明による多層皮膚は、前述のごとく残留圧縮力が極めて小さいため、高速切削、及び超硬合金基体に対しても極めて高い密着性を示すものである。一般的にイオンプレATINGの皮膚は、コーティング中に圧縮応力が発生する。また、高速度鋼やサーメット合金は、熱膨張係数が皮膚よりも大きいため、コーティング後の冷却工程において皮膚には更に圧縮応力が付加される。その結果、室温に取り出た時、超硬合金基体の場合よりも非常に高い圧縮応力を有し、結果、密着性が著しく悪くなる。このような問題点も本発明多層皮膚は、解決するものである。

【0007】次に、皮膚にカーボン含有させることにより、皮膚硬度が著しく向上し、更なる耐摩耗性の向上を実現させることが可能である。この場合、カーボン含有量を不連続に変化させると概してカーボン含有する皮膚の残留圧縮力は著しく高いため、その界面強度が著しく劣化する。従って、カーボン含有させるためには、 $C_2H_2$ あるいは $CH_4$ といったカーボン供給源を連続して徐々に増加させ、皮膚にカーボン含有せしめることにおいて、密着性に問題を生じることなく、皮膚の

4

潤滑性向上、及び硬さ向上による耐摩耗性の向上が可能である。

【0008】更に、切削中に皮膚は酸化し、形成されたボラスな酸化皮膚が摩耗する繰り返しにより、摩耗が進行する現象を見出した。この皮膚の酸化を更に抑制する手段としては、酸化に対し最も安定である $Al_2O_3$ 皮膚を介在させることが最も効果的である。そのため、イオンプレATINGによる皮膚形成の後、プラズマCVDもしくはMOCVDにより $Al_2O_3$ を形成することにより、密着性の極めて優れた $Al_2O_3$ 皮膚を形成することに成功した。 $Al_2O_3$ の形成により、皮膚の酸化による摩耗は大幅に抑制される。特に本発明による皮膚は、基体が超硬合金、あるいはサーメット合金のインサート、高速度鋼インドルミといったより比較的一度当たりの送り量が高く、皮膚に耐摩耗性と靱性(耐クラック伝播性)が必要とされる用途において特に有効である。

【0009】以下、数値を限定した理由について述べる。層【A】のTiの含有量がAlに対し、75原子%以上98原子%以下、並びに層【B】のTiの含有量がAlに対し20原子%以上65原子%以下とした理由は、2層のTiとAlの含有量が比較的近い組成においては、後述の面方位を反転させた場合においても2層間でエピタキシャル成長し易く、界面に欠陥を多数導入できないため、層【A】においては、Tiの含有量はAlに対し75原子%以上とし、層【B】においては、65原子%以下とした。また、層【A】においてはTiの含有量がAlに対し98原子%以下としたのは、98原子%以上であると本来TiAlの有する特性を発揮しないため、また、層【B】においてTiの含有量をAlに対し20原子%以上としたのは、20原子%以下であるとAlNの特性に近く耐摩耗性の劣化を示したため、層【A】においては98原子%以下、層【B】においては20原子%以上とした。

【0010】TiとAlの窒化物、炭窒化物層【B】のI(200)/I(111)の値を1以上とした理由は、この皮膚が(111)面に強く配向すればするほど高い圧縮応力を有するようになるため、好ましくなく、(200)面に配向した方が、この皮膚自体の残留圧縮応力が低いため、(200)面に配向すべく1以上とした。Ti含有量がAlに対し75原子%以上98原子%以下の窒化物、炭窒化物層【A】は前述のように、(200)面に配向したTiとAlの窒化物、炭窒化物層【B】との多層被覆において、界面に格子欠陥を導入するため、前記TiとAlの窒化物、炭窒化物層【B】と反対に(111)面に配向させなければならず、I(200)/I(111)の値は1以下とした。第3成分のZr、Hf、Y等に対しては、その置換量において0.1原子%以下だと耐酸化性の向上に対し、全く効果が認められず、また、50原子%を超えると本来Tiと

Alの窒化物、炭窒化合物が有する耐摩耗性を劣化させるため、0.1原子%以上5原子%以下とした。以下に実施例に基づき本発明を説明する。

【0011】

【実施例】

実施例1

JIS P40グレードの超硬合金インサート、及び☆

\*12、4枚刃の車削高速鋼ラフィングエンドミルにアーキオンプレーティング法により、(Ti<sub>0.95</sub>Al<sub>0.05</sub>)、(Ti<sub>0.85</sub>Al<sub>0.15</sub>)ターゲット、及び(Ti<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>)、(Ti<sub>0.3</sub>Al<sub>0.7</sub>)ターゲットを用い、表1に示す皮膜を形成した。

【0012】

【表1】

試料	層厚 (μm)	層数	[A]層 TiAlN		[B]層 TiAlN		工具寿命 (m)		
			1C200/ √(111)	組成 (Ti/Al)	1C200/ √(111)	組成 (Ti/Al)	超硬インサート	HSS・S・EM	
本 発 明 例	1	8	16	0.5	85/15	2.5	50/50	9.2	60.1
	2	8	16	0.5	85/15	3.2	50/50	16.1	65.2
	3	8	15	0.1	95/5	1.8	50/50	11.2	63.2
	4	8	16	0.1	95/5	2.5	30/70	15.1	48.5
	5	13	26	0.5	85/15	8.2	50/50	27.2	85.1
	6	5	10	0.5	85/15	7.5	50/50	6.9	45.2
	7	3	6	0.5	85/15	6.3	50/50	3.2	35.1
	8	10	20	0.1	85/15	11.3	30/70	10.5	69.2
	9	10	20	0.1	95/15	15.3	30/70	15.2	58.2
	10	10	40	0.1	95/15	15.3	30/70	18.2	62.1
比 較 例	11	3	1(TiN)	0.5	100/0	-	-	0.5	8.9
	12	10	1(TiN)	0.5	100/0	-	-	0.5	測値 1.5
	13	3	1C(TiAlN)	-	-	10.2	50/50	1.5	21.2
	14	10	1C(TiAlN)	-	-	10.2	50/50	0.5	測値 10.2

【0013】比較工具として同じアーキオンプレーティング法により、TiN、TiAlN皮膜を形成した。超硬合金インサートにおいては、切削条件1に基づきフライス切削を行い、逃げ面摩耗値が0.3mmに達するまでの切削長さとし、それを寿命とした。また、高速鋼エンドミルにおいては、切削条件2に基づき切削を行い、逃げ面摩耗値が0.2mmに達するまでの切削長を求め、それを寿命とした。その結果も表1に併記する。切削条件1は、被削材DAC(鋼材 HRC=40)、切削速度 100m/min、送り量 0.1mm/刃、切り込み 2mm、インサートはSEB42-TN形状とした。切削条件2は、被削材DAC(生材 HRC=10)、切削速度 50m/min、送り量 0.07mm/刃、軸方向切り込み量 18mm、径方向切り込み量 6mm、切削油なし、Down Cutで行った。

※

試料	被削厚 (μm)	層数	[A]TiAlN		[B]TiAlN		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 膜厚 (μm)	寿命 (m)
			Ti200 /Ti111	組成 (Ti/Al)	Ti200 /Ti111	組成 (Ti/Al)		
本 発 明 例	15	10	20	0.8	10.1	8.5	8.5	22.4
	16	13	32	0.8	5.0	8.5	8.5	42.1
	17	5	20	0.2	16.2	8.5	8.5	19.5
比 較 例	18	10	1(TiAlN)	-	11.5	-	-	1.2
	19	3	1(TiAlN)	-	8.8	-	-	1.2

【0017】表2から明らかなように本発明工具は、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>皮膜を形成することにより、更に長寿命化が達成される。

★【0018】実施例3

実施例1で試作した試料番号1の本発明例において、皮

★50 膜中に連続してカーボン含有量を増加させ、カーボン

含有せしめた工具を製作した。その内容を表3に示す。 \* 【表3】

【0019】

試料	層厚 ( $\mu\text{m}$ )	層数	a	b	[A]TiAIN I(200) /I(111)	[B]TiAIN I(200) /I(111)	最終 C/N	工具寿命 (m)
本	8	15	-	-	0.6	2.3	-	8.2
発	20	8	0.5	0.8	0.7	2.8	1/1	15.2
明	21	8	0.5	0.7	0.7	2.8	1/1	23.2
例	22	8	3.2	0.7	0.7	2.8	1/2	17.2
比	23	8	1(TiN)	-	-	1.8	-	0.2 腐蝕
較	24	5	1(TiN)	-	-	6.1	-	1.7
例								1.2 チッピング
								22.2

【0020】表3中、 $\alpha$ は $\text{C}_2\text{H}_2$ を添加し始めた時点の皮膜の厚さ、 $b$ は徐々に $\text{C}_2\text{H}_2$ 量を増やし、その後一定とした時点の皮膜の厚さを示す。すなわち $a-b$ の間が連続してカーボン含有量が増加する層である。この場合、Tiの窒化物もしくは炭窒化物Ti $\alpha$ とA1と第3成分の窒化物もしくは炭窒化物の各層の厚さはそれぞれ0.5 $\mu\text{m}$ とした。また、層【A】のTi/A1の比は95/5、層【B】のTi/A1の比は50/50とした。実施例1において示した切削条件1、及び2において超硬インサート、高速度鋼エンドミルに対し、切削テストを行い寿命を求めた。その結果を表3に併記する。\*

※表3から明らかなように、本発明合金にカーボン含有量しめることにより、更に耐摩耗性の向上が確認される。

#### 【0021】実施例4

6ヶのターゲットを有するアークイオンプレーティング装置を用い(3段×2列)最上段の1ヶを第3成分のターゲットを設置し、その他の2ヶをTiターゲット、反対の列の3ヶをTiA1ターゲットとし表4に示す組成の発明を製作した。

#### 【0022】

【表4】

試料	組成	[A]膜組成	膜厚 ( $\mu\text{m}$ )	層数	[A]TiAIN I(200) /I(111)	[B]TiAIN I(200) /I(111)	酸化 膜厚 ( $\mu\text{m}$ )	寿命 (m)
本	1 (Ti $\alpha$ 0.15 a)N	Ti $\alpha$ 0.15 aN	8	16	0.5	1.5	1.2	6.3
発	25 (Ti $\alpha$ 0.15 a 20 a 20 a)N	"	8	16	0.5	1.5	6.2	7.2
明	26 (Ti $\alpha$ 0.15 a 20 a 20 a)N	"	8	16	0.5	1.5	0.4	9.5
例	27 (Ti $\alpha$ 0.15 a 20 a 20 a)N	"	8	16	0.5	1.5	0.3	7.3
	28 (Ti $\alpha$ 0.15 a 20 a 20 a)N	"	8	16	0.5	1.5	0.2	0.8
	29 (Ti $\alpha$ 0.15 a 20 a 20 a)N	"	8	16	0.5	1.5	0.1	15.2
	30 (Ti $\alpha$ 0.15 a 20 a 20 a)N	Ti $\alpha$ 0.15 aN	8	16	0.6	1.7	0.1	17.5
	31 (Ti $\alpha$ 0.15 a 20 a 20 a)N	"	8	16	0.5	1.5	0.1	12.3
	32 (Ti $\alpha$ 0.15 a 20 a 20 a)N	"	8	16	0.5	1.5	0.1	11.5
	33 (Ti $\alpha$ 0.15 a 20 a 20 a)N	"	8	16	0.2	3.5	0.1	6.2
	34 (Ti $\alpha$ 0.15 a 20 a 20 a)N	"	8	16	0.2	4.2	0.05	6.0
	35 (Ti $\alpha$ 0.15 a 20 a 20 a)N	"	8	16	0.5	1.5	0.15	10.0
比	36 TiN	-	8	1	0.5	-	7.5	0.6
較	37 (Ti $\alpha$ 0.15 a)N	-	8	1	-	1.5	1.3	0.5 腐蝕
例	38 (Ti $\alpha$ 0.15 a)N	-	9	1	-	2.0	1.5	1.7

【0023】第3成分比は、第3成分ターゲットからの距離により変化するが、また、同時に第3成分ターゲットに流すアーク電流値を調整することにより制御した。これらの本発明例及び比較例を大気中750℃で1hr保持し酸化をさせ酸化膜厚を制御した。その結果を表4に併記する。また、切削条件1により、インサートにおいて寿命評価をした結果も併記する。

【0024】表4より、添加した第3成分の効果により耐酸化性の著しい向上が認められ、同時に耐酸化性向上に起因する寿命の向上が確認された。

【0025】実施例5

40★25TiC-30TiN-20WC-5TaC-5Mo  
2C-8Co-7Ni (重量%)なる組成のサーマット合金を表5に示す内容で製作し、実施例1と同様にコーティングを行った。

#### 【0026】

【表5】

試料	膜厚 ( $\mu\text{m}$ )	層数	[A]TiAlN I(200) /I(111)	[B]TiAlN I(200) /I(111)	工具寿命 (m) サーメット インサート
本	36	8	16	0.6	2.6
発	37	6	16	0.6	3.5
明	38	6	16	0.1	2.0
例	39	8	16	0.1	8.2
	40	12	20	0.5	9.0
比	39	3	I(TiN)	0.5	-
較	40	10	I(TiN)	0.5	-
例	41	3	I(TiAl)N	-	10.2
	42	10	I(TiAl)N	-	10.2

【0027】層[A]のTiAlNの組成比はTi/A1=85/15、層[B]のそれは50/50とした。インサートにおいて切削条件3により切削評価を行い、端面摩耗量が0.15mmに達するまでの切削長を求め寿命とした。その結果を表5に併記する。切削条件は

3、インサート(SEE42-TN)の形状を用い、被削材SKD61(生材 HRC12)、切削速度250 m/min、送り量 0.1mm/刃、切り込み量 2 mmである。被削材の大きさは、実施例1と同一である。表5に示すとおり、本発明例においては、切削中に皮膜の剥離がなく、長寿命の達成が可能である。

#### 【0028】

【発明の効果】以上の如く、本発明を適用することにより、皮膜の厚さの増加に伴う残留圧縮応力を緩和するとともに厚膜化が出来、更に、膜の密着性を劣化させることなく、また、クラックが伝播し難いため、同時に高い靱性を有する被膜が得られた。また、第3元素、酸化物被膜、皮膜にカーボンを含む等とを組み合わせるにより皮膜硬度、潤滑性、耐酸化性を顕著に向上させることが出来る。